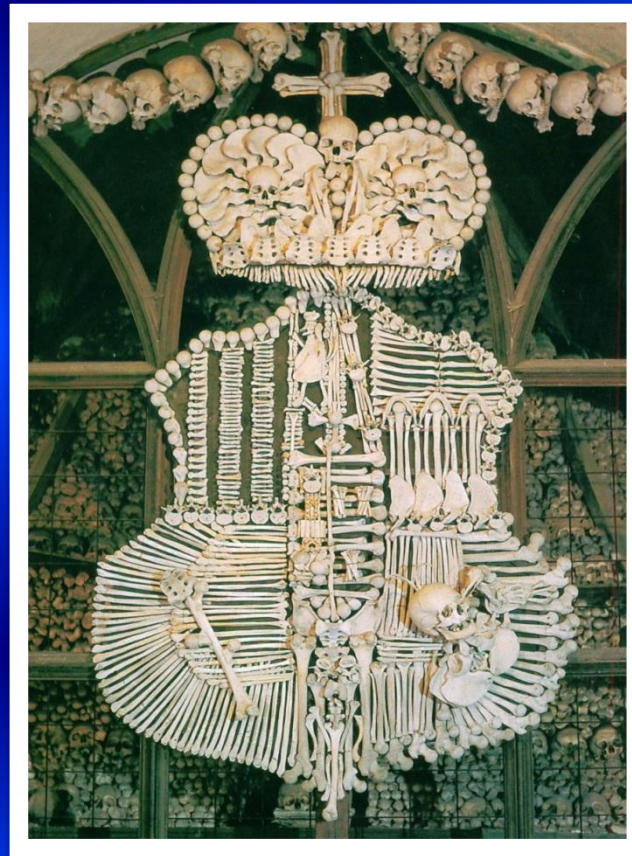


*Заведующий кафедрой, академик Военно-медицинской академии, доктор  
медицинских наук, профессор, полковник медицинской службы*

## Гайворонский Иван Васильевич



**Функциональная анатомия  
костной системы**

# Вопросы лекции

1. Понятие о костной системе.
2. Кость как орган. Химический состав и физические свойства костей.
3. Классификация костей.
4. Развитие костей.





## Костная система

– это составная часть системы органов опоры и движения, представленная твёрдой её основой или костным скелетом.

## Костный скелет

– это совокупность анатомически и функционально взаимосвязанных костей.

## Мягкий скелет

– это соединения костей, представленные связками, хрящами, суставами и т.д.



# Характеристики скелета человека



В организме взрослого человека - 206 костей.

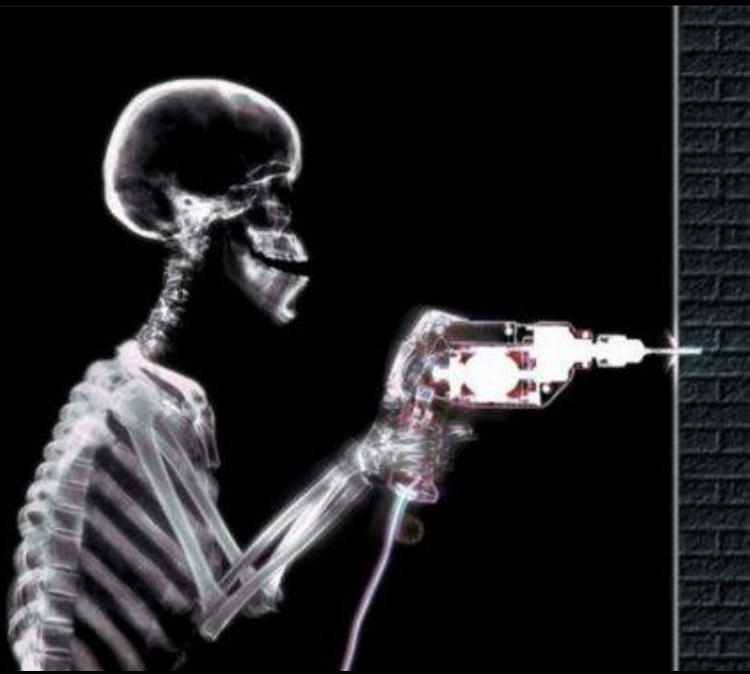
У новорождённых – количество отдельных костных элементов составляет 800.

У ребёнка 1-го года жизни – 500, 3-х лет – 300. С возрастом количество костей уменьшается. Количество костей может быть у взрослого больше 206 или меньше.

Масса скелета у взрослого человека  $\frac{1}{10}$  –  $\frac{1}{9}$  от массы тела, т.е. 6-13 кг.



# Функции скелета

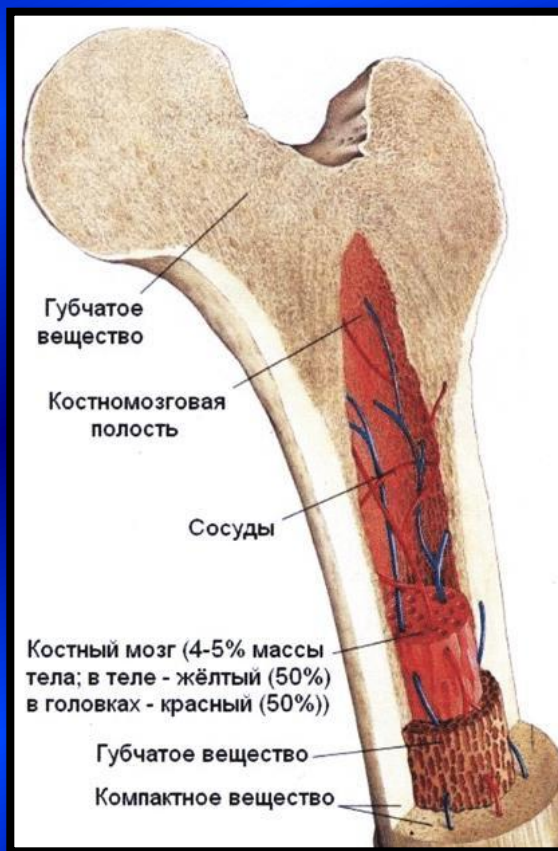
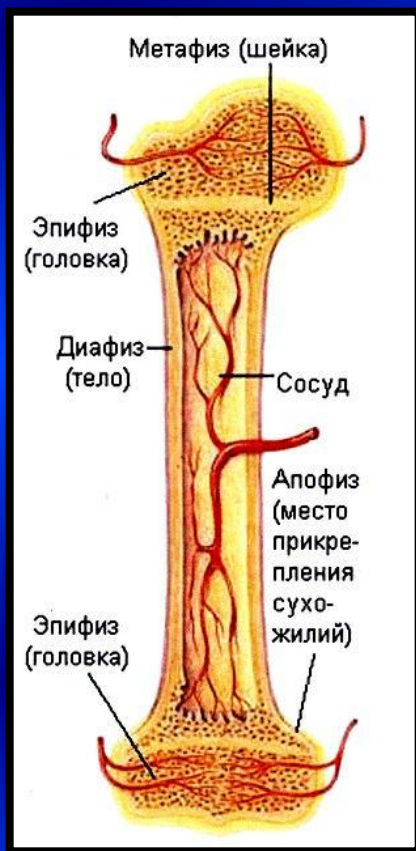


- Опорная
- Защитная
- Локомоторная
- Антигравитационная
- Кроветворная
- Трофическая
- Обменная
- Пластическая



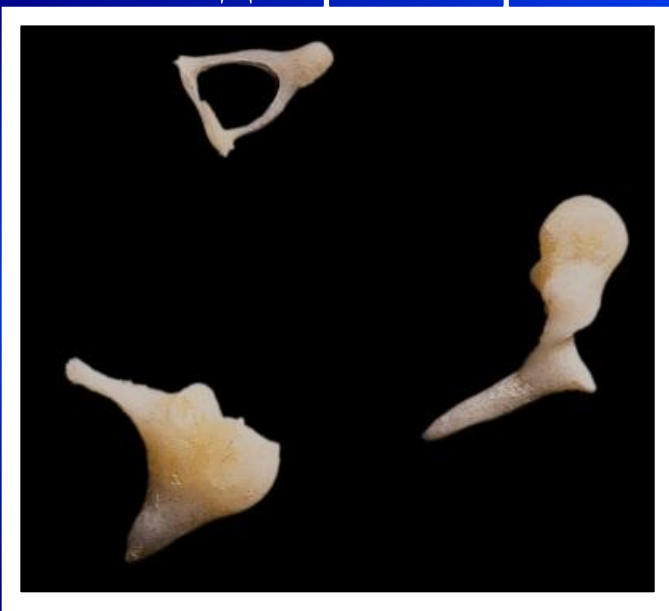
# Понятие о кости

Кость (os, ossis) – это орган, имеющий характерную форму и строение, типичную архитектуру сосудов и нервов, построенный, главным образом, из костной ткани, покрытый снаружи надкостницей или суставным хрящом, содержащий внутри костный мозг и выполняющий в организме многоплановые функции.



# Понятие о кости

Из 206 костей каждая имеет индивидуальную, присущую ей форму, размеры, сосудисто-нервные ворота и архитектуру сосудов и нервов, которые надо учитывать при проведении операций (традиционных и эндопротезирования).



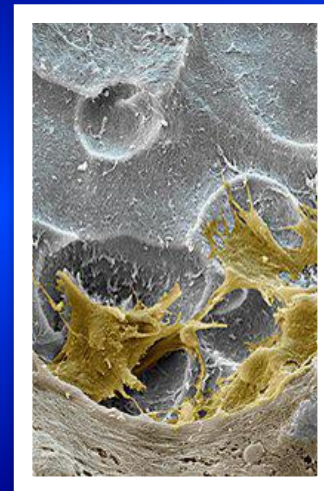
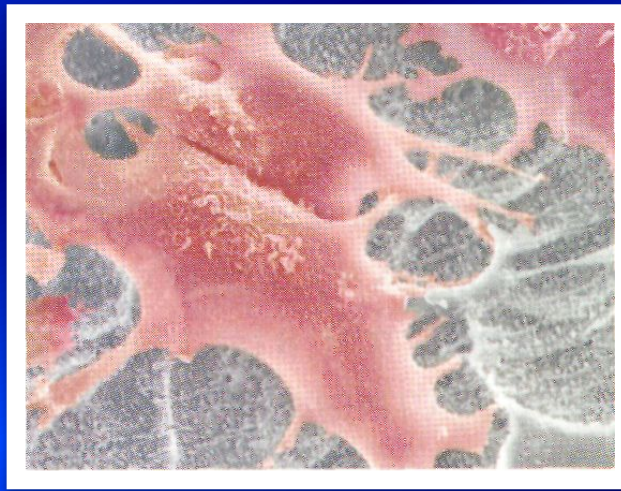
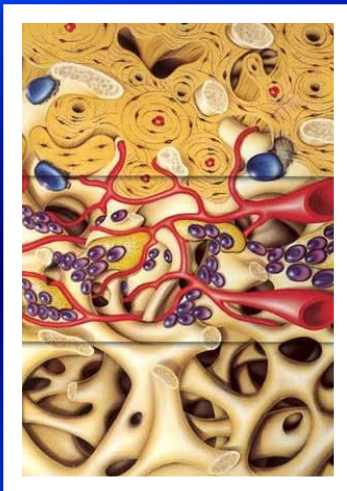
# Клеточная структура костей

В составе кости есть соединительная, нервная, кроветворная, жировая ткани, но основу составляет **костная ткань**. Костная ткань состоит из костных клеток – **остеоцитов** и межклеточного вещества – **оссеомукоида**.

Существует два вида остеоцитов:

- **остеобласты** (клетки, создающие костную ткань)
- **остеокласты** (разрушающие костную ткань) – крупные, многоядерные.

Костные клетки по форме напоминают паука, т.е. имеют отростки, отделены от матрикса полостью (лакуной), а их отростки – каналцами, в которых содержится тканевая жидкость, питающая клетки.

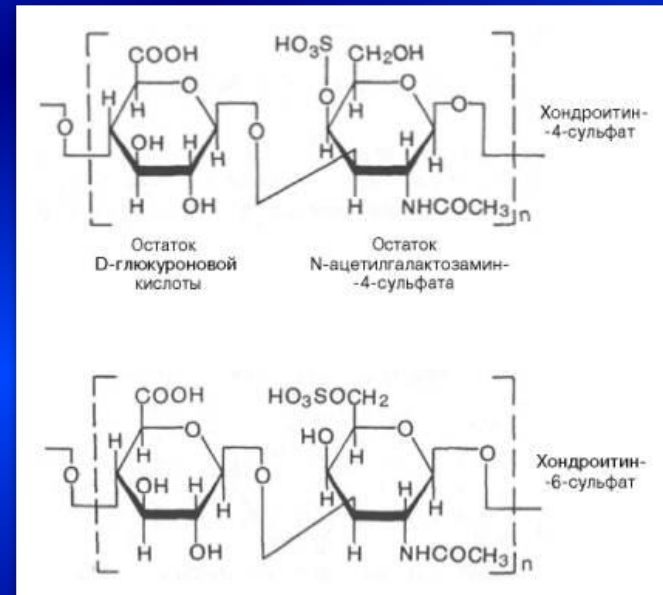
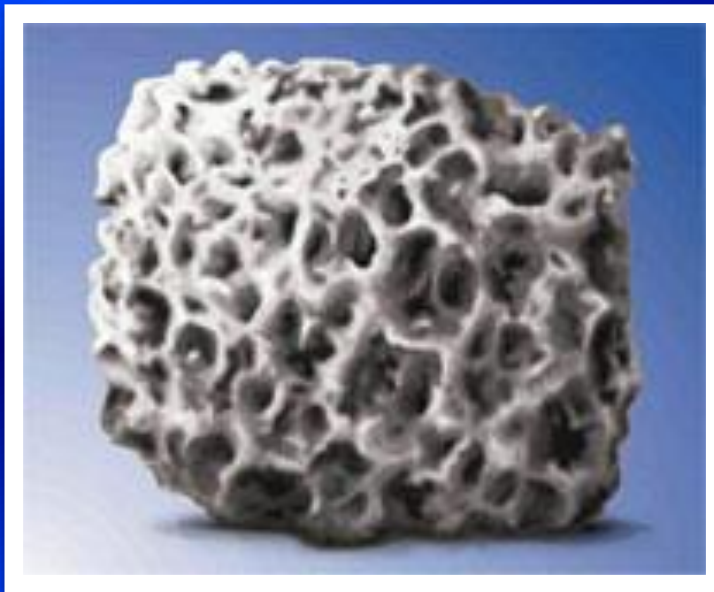




# Межклеточное вещество кости

Остеомукоид состоит из:

- органического вещества — **оссеина** (костный белок), который представлен в виде пучков фибрилл и **мукокристаллов** неорганических веществ (минеральных солей — гидроксиапатитов кальция), которые также формируют минеральные волокна.
- аморфного вещества — **мукоида**, который содержит **мукополисахариды**, удерживающие  $H_2O$ .



# Химический состав

**Сухая кость:** 1/3 – оссеин (оссеомукоид), 2/3 – неорганические минеральные вещества (соли Ca и Mg и др.).

**Свежая кость:** 50% - H<sub>2</sub>O, 16% - жир, 22% - неорганические вещества, 12% - органические вещества.

Содержание воды в костях у ребёнка составляет 70%, у взрослого – 60%, у старика – 50%.

У ребёнка больше органических веществ, у пожилых – неорганических .



# Костное вещество

## Компактное (плотное)

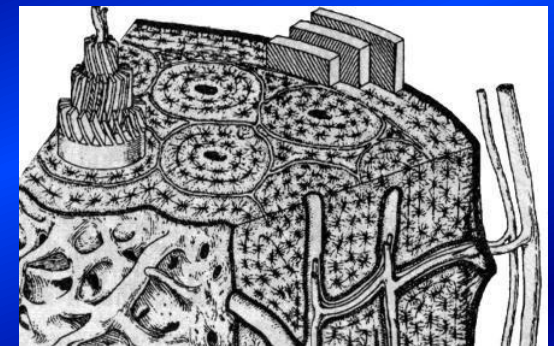
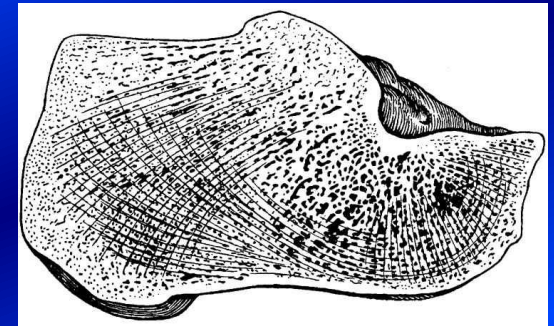
Из компактного вещества состоят наружные пластинки всех костей и диафизы всех трубчатых костей.

## Губчатое (ячеистое)

Из губчатого вещества состоят все эпифизы трубчатых костей и все остальные кости.

Костная ткань может быть представлена в виде остеонов или пластин.

Остеонное строение имеет только компактное вещество диафизов трубчатых костей, а пластинчатое — эпифизы трубчатых костей и все остальные кости.



# Остеон

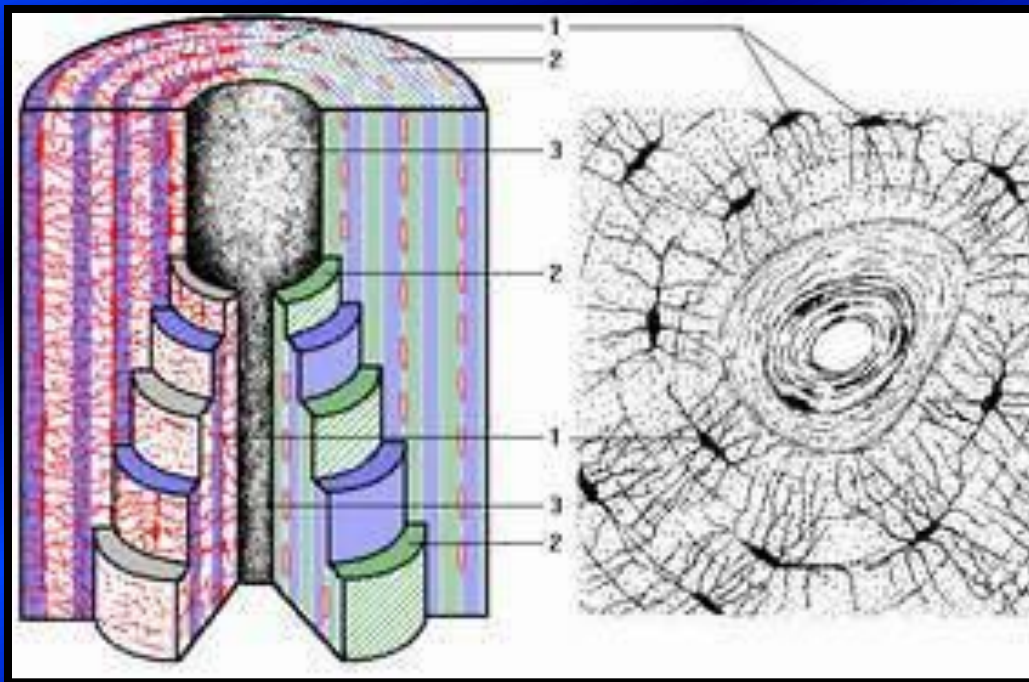
## – Гаверсова система

– это структурно-функциональная единица компактного вещества диафиза трубчатой кости, представляющая собой концентрически расположенные пластины, вложенные друг в друга.

Диаметр остеона 20-100 мкм, высота – 1,5 – 4,5 см.

Внутри находится канал, выстланный остеогенными клетками, в котором проходит 1-2 Гаверсовых сосуда.

Между остеонами косо или поперечно лежат сосудистые каналы Фолкмана .



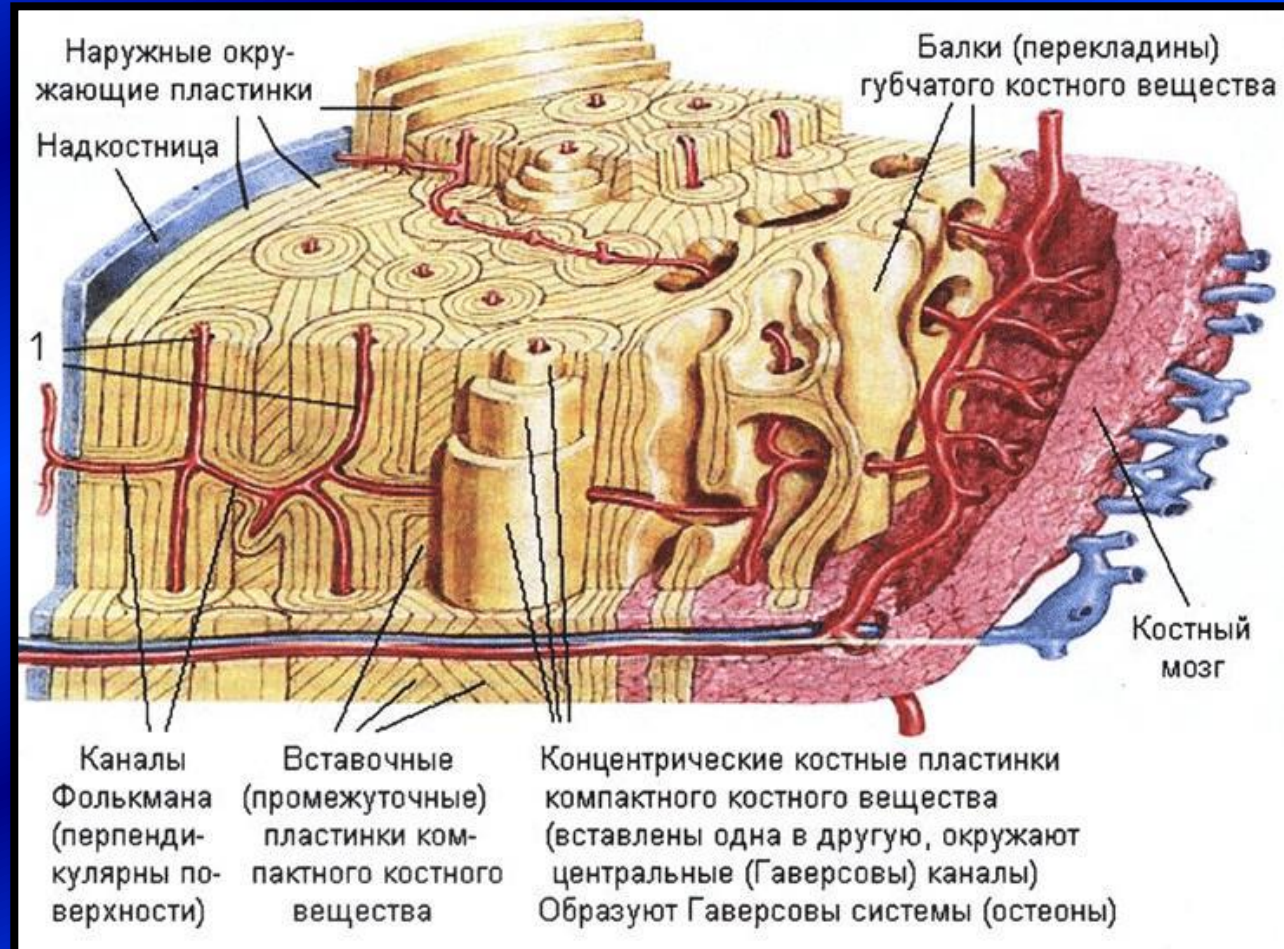
# Виды костных пластин в остеоне

1. Остеонные,  
концентрические (в  
количестве 3 – 20),  
непосредственно  
формирующие  
остеон;

2. Вставочные,  
расположенные  
между остеонами;

3. Генеральные,  
расположенные по  
периферии кости;

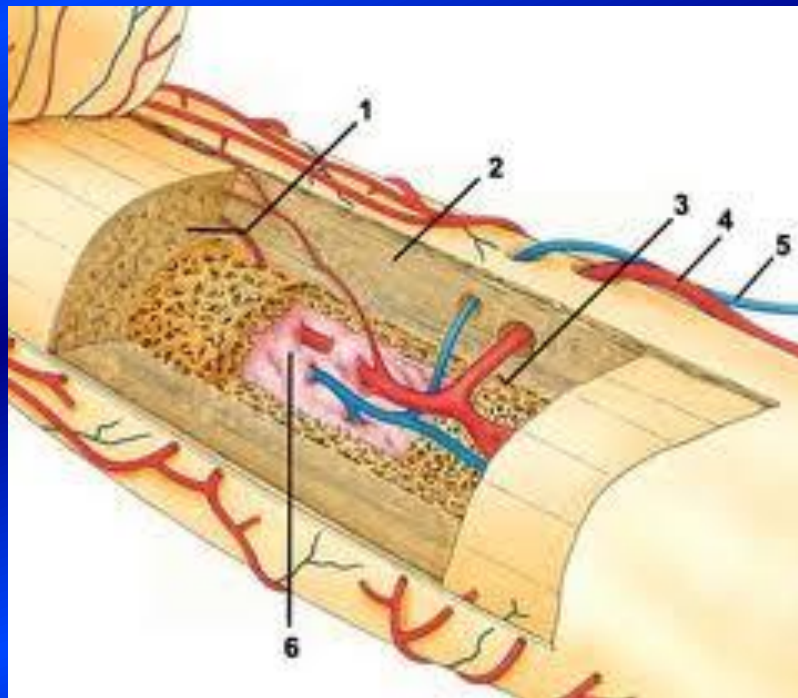
В эти пластины  
вплетаются  
фиброзные волокна  
надкостницы.



На поперечном срезе бедренной кости 3200 остеонов,  
большеберцовой – 4500.

## *Полое строение остеона создаёт его прочность*

- Компактное вещество образуется в местах наибольшей концентрации силовых траекторий.
- Прочность остеона в 5 раз больше прочность, чем цельного цилиндра);
- лёгкость (в 2 раза удельный вес кости больше уд. веса воды);
- бедренная кость выдерживает нагрузки 750 кг;
- большеберцовая – 1500 кг, т.е. кости имеют большой резервный запас прочности.

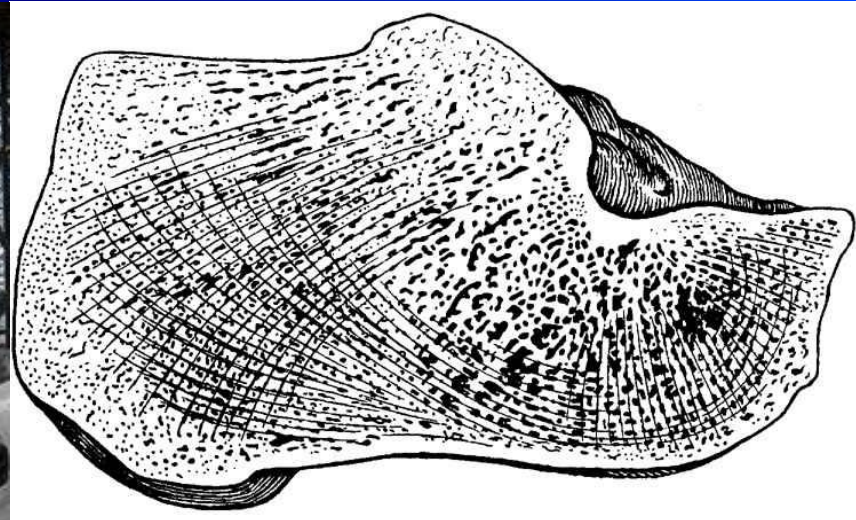


# Строение губчатой кости

При изменении условий статики и динамики архитектура губчатого вещества изменяется, часть переключин рассасывается или формируются новые системы костных балок.

Губчатые кости имеют пластинчатое строение. Пластинки располагаются по линиям нагрузок (сил сжатия и растяжения), дугообразно (арочно), перпендикулярно, параллельно друг другу. Между основными пластинками существуют вставочные, поэтому формируются ячейки, заполненные красным костным мозгом.

По величине ячеек губчатого вещества различают: мелко-, средне- и крупноячеистое строение костей.

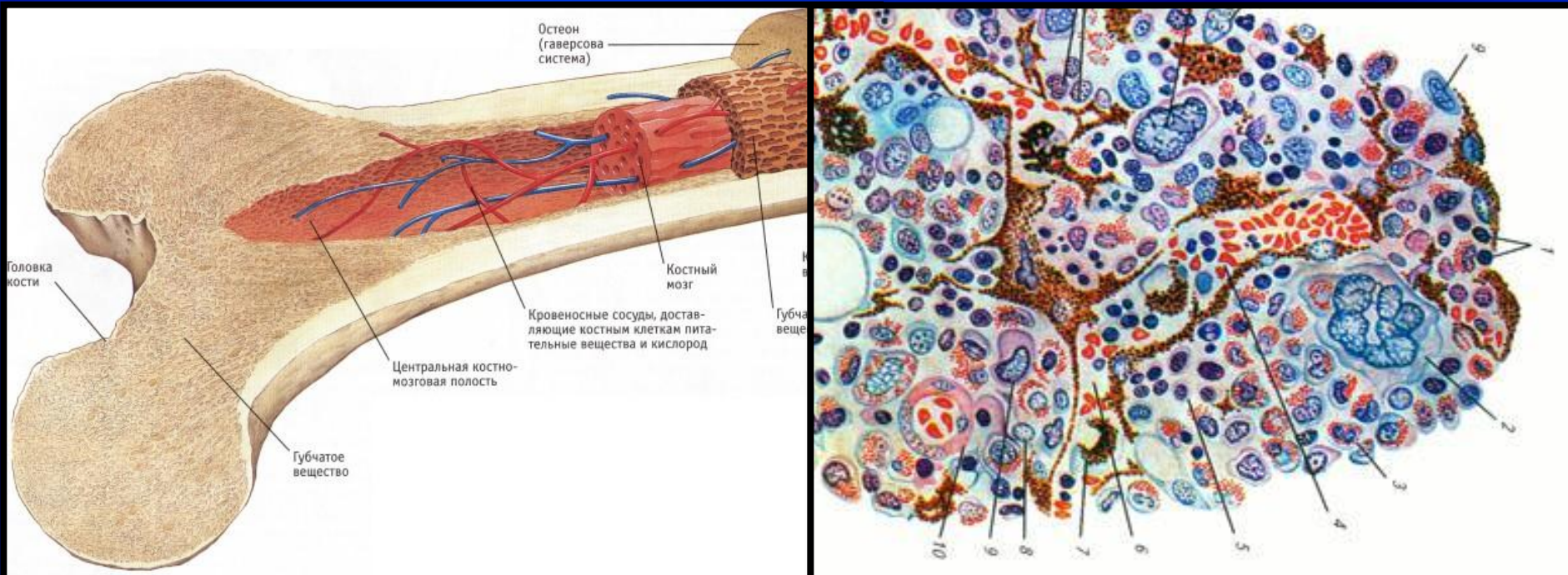


Принцип построения трабекул в губчатом веществе кости взяли за основу архитекторы и инженеры при строительстве арочных мостов и башенных сооружений

# Красный костный мозг (medulla osseum rubra)

У плода, новорождённого и ребёнка 9-12 лет заполняет все костные полости — ячейки губчатого вещества и костно-мозговую полость диафизов трубчатых костей.

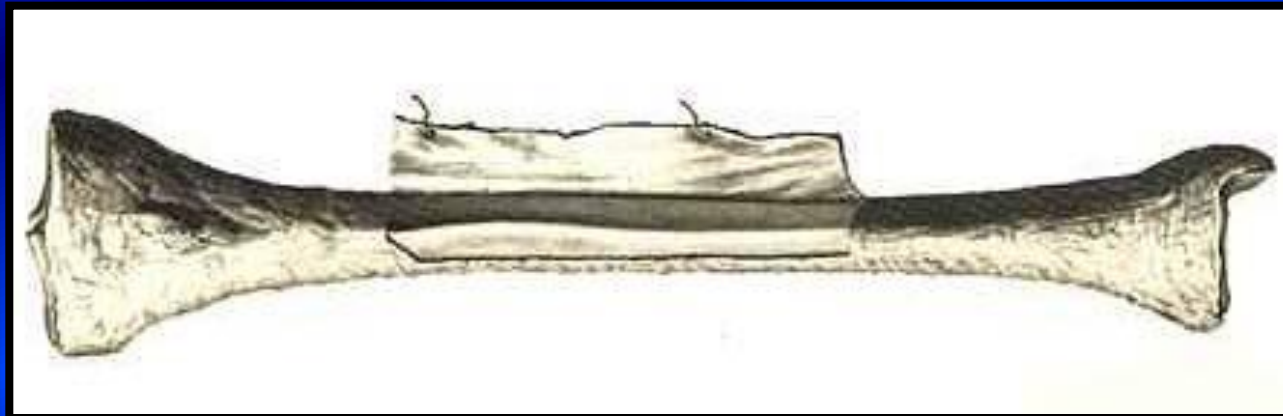
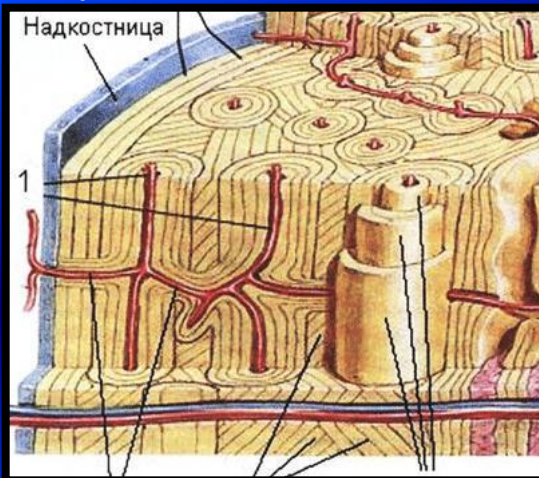
- После 12 лет красный костный мозг в костно-мозговой полости заменяется на жёлтый — жировой, поэтому при переломах длинных трубчатых костей у взрослых и пожилых людей возможна жировая эмболия сосудов. У взрослого человека 1,5 кг красного костного мозга.





# Надкостница

• **Надкостница** (periosteum) — это соединительнотканная оболочка, покрывающая кость снаружи на всем протяжении за исключением суставных поверхностей, состоящая из 2-х слоёв — наружного волокнистого) и внутреннего (камбиального), обеспечивающая трофику и рост костей, а также прикрепление к ним мышц, связок и сухожилий.



# Классификация костей

## Кости туловища и конечностей по строению и форме



## Кости черепа по строению



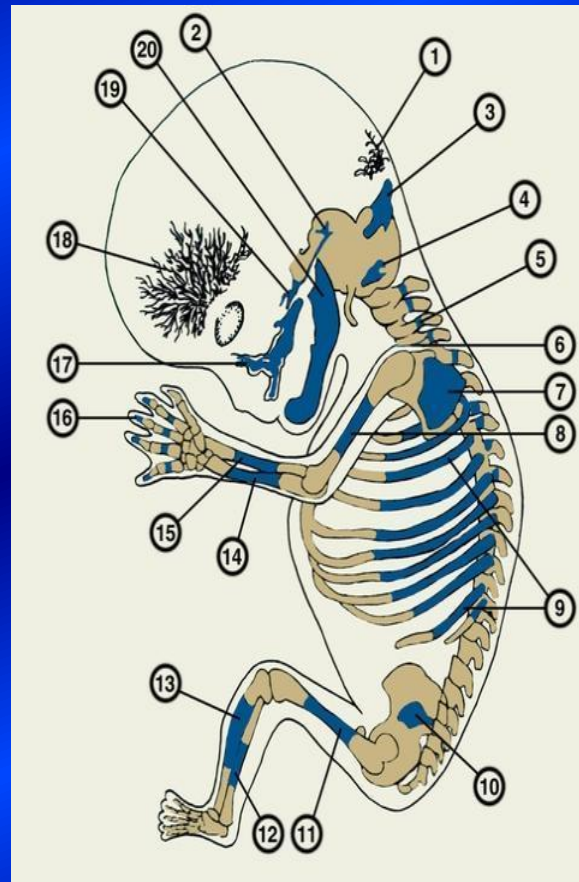
# Классификация костей по развитию:

первичные  
(эндесмальные)

на основе соединительной  
ткани – кости крыши черепа,  
некоторые кости лицевого  
черепа, концы ключицы;

вторичные  
(энхондральные)

на основе хряща  
– все остальные



# Эндесмальное окостенение

В конце 2-го месяца внутриутробной жизни будущие кости лицевого черепа, крыши черепа представлены соединительнотканной пластинкой.

На 3-м месяце – на этой пластинке снаружи появляются сосуды, они приносят костные клетки – остеобласты. Из них (из точки окостенения) по радиусам растёт наружная пластинка компактного вещества.

На 4-й месяц – на внутренней поверхности пластинки появляются сосуды из твёрдой мозговой оболочки. Также из точки окостенения растёт внутренняя пластинка компактного вещества.

Двухпластинчатая кость формируется к 8-ми годам – до этого времени губчатого вещества нет. Соединительнотканная пластинка оказывается замурованной – на её месте образуется губчатая кость.



# Стадии развития вторичных костей

<b>1</b> <b>Соединительнотканная</b> <u>1-2 месяца</u>	<b>2</b> <b>Хрящевая</b> <u>3-4 месяца</u>	<b>3</b> <b>Костная</b> <u>5 месяцев</u>
--	--	--

## Способы развития вторичных костей

-диафизы трубчатых  
костей  
-плоские кости

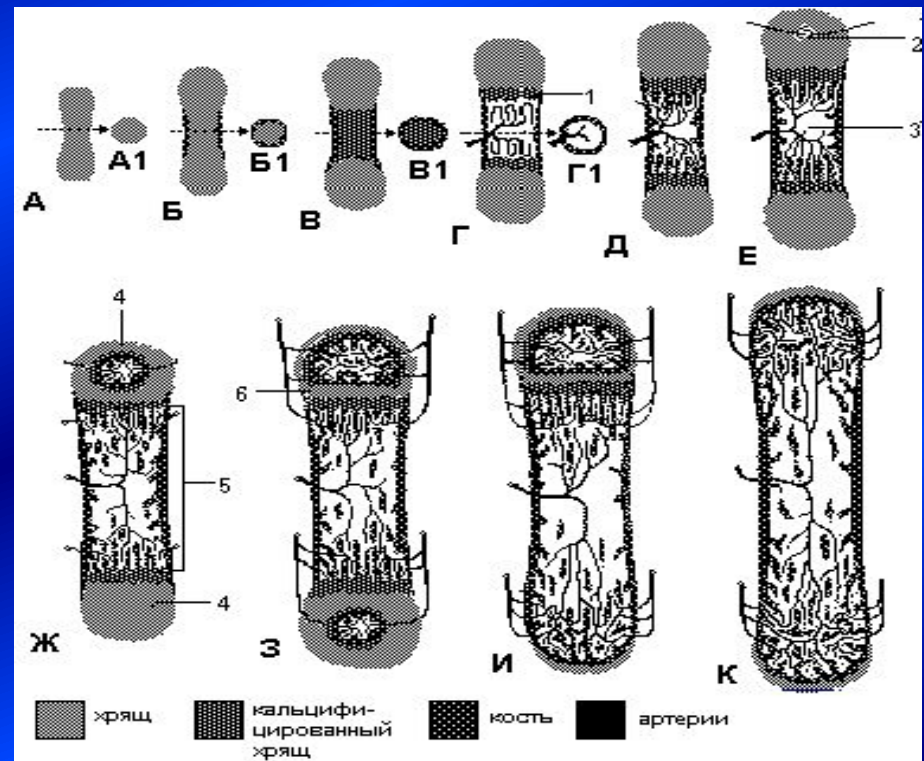
сначала  
**перихондральное**  
окостенение,  
затем **энхондральное**

-эпифизы трубчатых  
костей  
-объёмные кости

сначала **энхондральное**  
окостенение,  
затем  
**перихондральное**

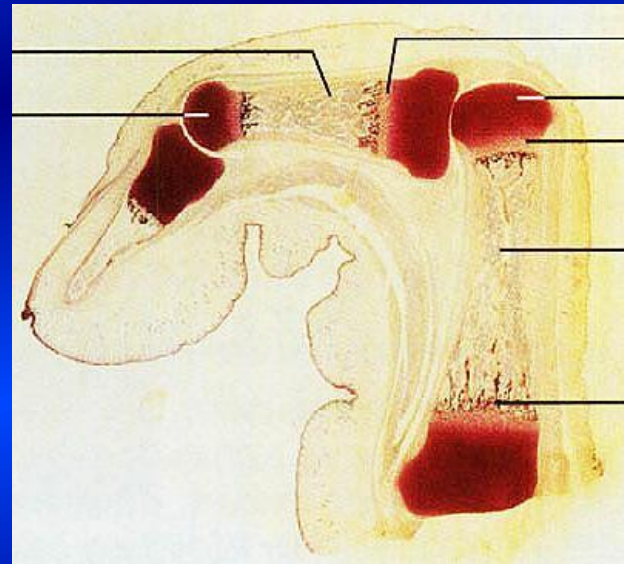
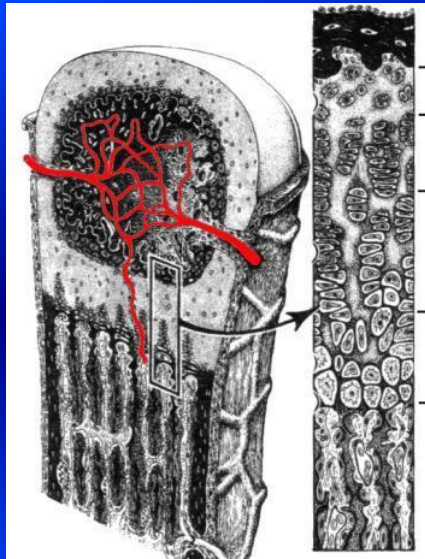
# Энхондральное окостенение диафиза

1. После образования костной манжетки хрящ не получает питание и разрушается.
2. Внутри прорастают сосуды.
3. Из мезенхимных клеток также образуются остеобласты, которые строят костную ткань, и остеокласты, которые ее разрушают.

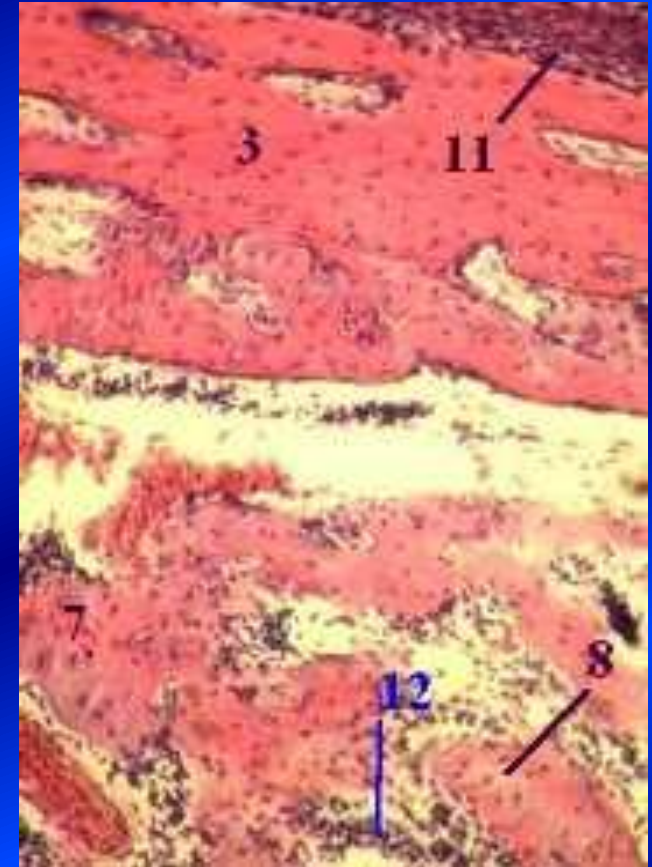
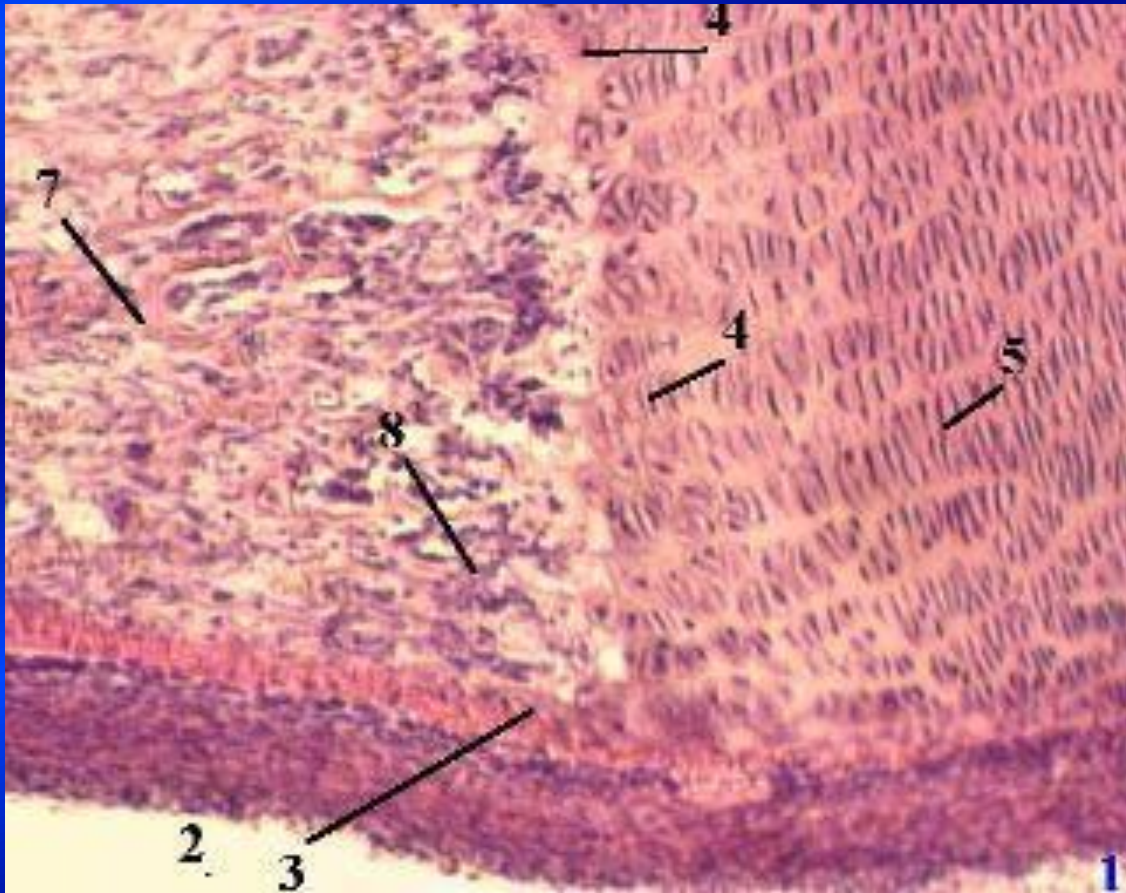


# Энхондральное окостенение эпифизов

1. Внутри хряща прорастают по радиусам сосуды, и в центре хрящ разрушается.
2. Формируется точка окостенения, которая разрастается к периферии.
3. На периферии из надхрящницы формируется пластинка костного компактного вещества (перихондрально), за исключением суставной поверхности и метаэпифизарного хряща.



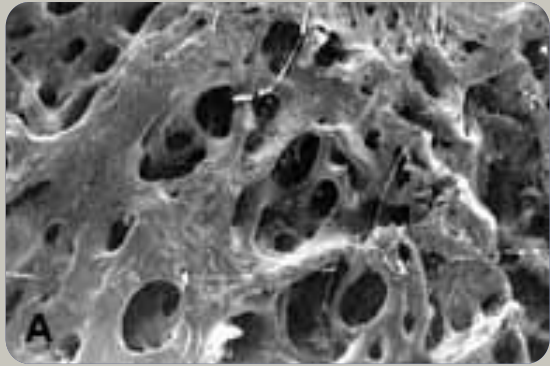
# Перихондральное окостенение



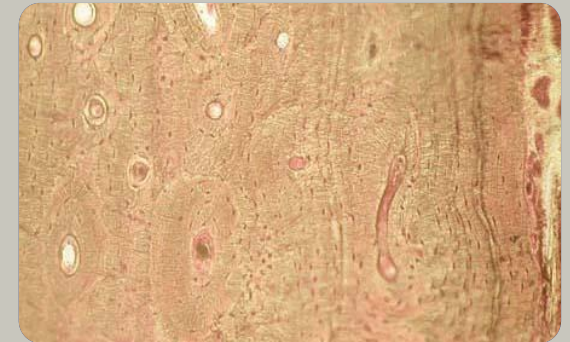
В хряще сосудов нет, поэтому на поверхности надхрящницы появляются сосуды, они позволяют мезенхимным клеткам превратиться в остеобласты. Последние продуцируют костный матрикс, наполняются волокнами, пропитываются минеральными солями. На поверхности диафиза образуется костная манжетка.



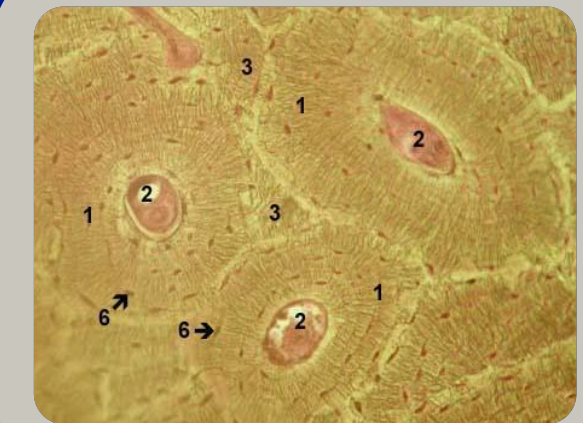
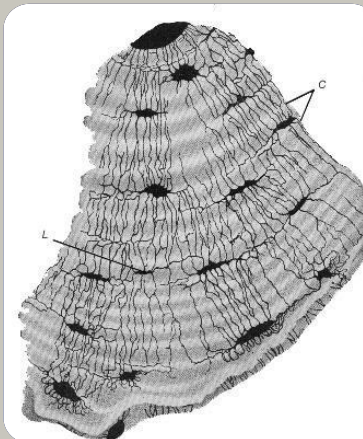
# 2 этапа развития костной ткани



1 –  
ретикулофиброзная  
или грубоволокнистая  
ткань (у плода)



2 –  
Пластинчатая ткань  
(у новорождённого и  
взрослого), в процессе  
развития кость  
перестраивается



# Аномалии развития костей:

## 1. Эктопические кости

(в почке, печени, мужском половом члене)



ЗДОРОВАЯ КОСТЬ



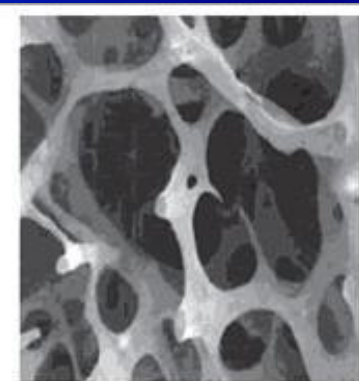
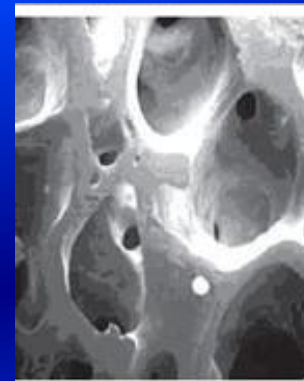
ОСТЕОПОРОЗ



## 2. Незавершённый остеогенез

(несрастание эпифизов и диафизов)

3. Ускоренный остеогенез (раннее – преждевременное срастание эпифизов и диафизов)



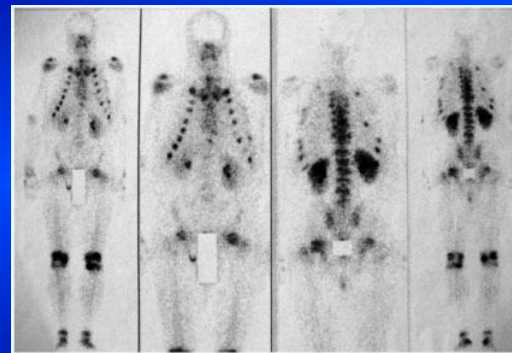
Электронная микрография кости в норме (а) и при остеопорозе (б) (по D. Dempster,

4. Остеопороз  
(проблема века)



5. Остеосклероз (чрезмерное обызвествление)

6. Остеомаляция (снижение обызвествления в результате недостаточности  $\text{Ca}^{++}$  и витамина D.



***СПАСИБО ЗА ВНИМАНИЕ***

